

Pengaruh Aplikasi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit terhadap Hasil Kedelai dan Perubahan Sifat Kimia Tanah Ultisol

Effect of Palm Oil Mill Effluent on Soybean Yield and Chemical Properties of Ultisol

Ermadani^{1*} dan Ali Muzar¹

¹Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jambi
Kampus Pinang Masak, Jalan Raya Jambi-Muaro Bulian Km 15 Mendalo Darat Jambi, Indonesia

Diterima 22 Februari 2011/Disetujui 29 Juli 2011

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the effect of palm oil mill effluent (POME) and its residue on yield of soybean (*Glycine max* L.) and soil chemical properties. Field experiment was done on Ultisol soil in Brasau Village, Tungkal Ulu, Tanjung Jabung Barat District from March to November 2009. In the experiment, soybean was planted twice. At first planting, the treatments were without POME as control with application of 50 kg urea ha⁻¹, 150 kg SP-36 ha⁻¹, 100 kg KCl ha⁻¹, 5 ton manure ha⁻¹ and 2 ton dolomite ha⁻¹, and POME application consisting of 50,000 L ha⁻¹, 100,000 L ha⁻¹, 150,000 L ha⁻¹, 50,000 L ha⁻¹ + 150 kg SP-36 ha⁻¹, 100,000 L ha⁻¹ + 150 kg SP-36 ha⁻¹, 150,000 L ha⁻¹ + 150 kg SP-36 ha⁻¹. Treatments were replicated four times and arranged in a randomized block design. At second planting, plots were treated with half of first planting doses of POME. The results showed that the content of N, P, and K of plant tissue and dry weight of soybean seed were increased with increasing dose of POME. The highest yield of soybean at first planting was 2.15 ton ha⁻¹, and achieved with the application of 150,000 L POME ha⁻¹ + 150 kg SP-36 ha⁻¹, while at second planting the highest dry weight of soybean seed was 2.01 ton ha⁻¹ by residue of 150,000 L POME ha⁻¹ and 150 kg SP-36 ha⁻¹ + application of 75,000 L POME ha⁻¹. Moreover, improvement of soil chemical properties were showed by increasing organic C, cation exchange capacity, total N, total P, available P, and exchangeable K and decreasing exchangeable Al.

Keywords: POME, residue, Ultisol, *Glycine max* (L)

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) dan residunya terhadap hasil kedelai (*Glycine max* L.) dan sifat kimia tanah. Percobaan lapang dilakukan pada tanah Ultisol di Desa Brasau, Tungkal Ulu, Kabupaten Tanjung Jabung Barat, Provinsi Jambi dari bulan Maret sampai bulan November 2009. Perlakuan pada percobaan pertama adalah kontrol (tanpa LCPKS dengan pemberian 50 kg urea ha⁻¹, 150 kg SP-36 ha⁻¹, 100 kg KCl ha⁻¹, 5 ton pupuk kandang ayam ha⁻¹ dan 2 ton dolomit ha⁻¹) dan aplikasi LCPKS dengan dosis 50,000 L ha⁻¹, 100,000 L ha⁻¹, 150,000 L ha⁻¹, 50,000 L ha⁻¹ + 150 kg SP-36 ha⁻¹, 100,000 L ha⁻¹ + 150 kg SP-36 ha⁻¹ dan 150,000 L ha⁻¹ + 150 kg SP-36 ha⁻¹. Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok dengan 4 kali ulangan. Pada percobaan kedua, petak-petak percobaan diberikan LCPKS dengan setengah dosis dari aplikasi LCPKS pada percobaan pertama. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kandungan hara N, P, K tanaman dan berat kering biji kedelai meningkat dengan meningkatnya dosis LCPKS. Hasil kedelai tertinggi pada percobaan pertama adalah 2.15 ton ha⁻¹ yang diperoleh dengan perlakuan 150,000 L LCPKS ha⁻¹ + 150 kg SP-36 ha⁻¹, sedangkan pada percobaan kedua adalah 2.01 ton ha⁻¹ dengan perlakuan residu dari 150,000 L LCPKS ha⁻¹ dan 150 kg SP-36 ha⁻¹ + aplikasi 75,000 L LCPKS ha⁻¹. Selain itu perbaikan sifat kimia tanah ditunjukkan dengan meningkatnya C organik, kapasitas tukar kation, N total, P total, P tersedia, dan K dapat ditukar serta menurunnya Al dapat ditukar.

Kata kunci: LCPKS, residu, Ultisol, *Glycine max* (L)

PENDAHULUAN

Limbah cair merupakan salah satu jenis limbah organik yang dihasilkan dari proses pengolahan tandan buah segar

(TBS) menjadi minyak sawit mentah atau *crude palm oil* (CPO) dari suatu pabrik kelapa sawit (PKS). Setiap ton TBS yang diolah dapat menghasilkan 0.50 ton hingga 0.75 ton limbah cair (Yacob *et al.*, 2005).

Limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) mengandung unsur-unsur hara sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber pupuk organik bagi tanaman. Unsur-unsur hara yang

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: ermadani_unja@yahoo.com

banyak terdapat dalam LCPKS adalah N (450-590 mg L⁻¹), P (92-104 mg L⁻¹), K (1,246-1,262 mg L⁻¹) dan Mg (249-271 mg L⁻¹) (Ideriah *et al.*, 2007). Beberapa penelitian telah dilakukan untuk memanfaatkan LCPKS sebagai sumber hara bagi tanaman kelapa sawit dengan mengalirkannya ke rorak-rorak yang dibuat di lahan perkebunan kelapa sawit. Hasil penelitian Manik (2000) menunjukkan bahwa aplikasi LCPKS dapat meningkatkan produksi TBS sebesar 35.2% dan memperbaiki sifat kimia tanah seperti peningkatan pH, C-organik, N total, P, K, dan Mg. Demikian juga hasil penelitian Sutarta *et al.* (2003) menunjukkan bahwa aplikasi LCPKS dengan takaran 12.66 mm ECH (ekuivalen curah hujan) per bulan yang dikombinasikan dengan dosis pupuk 50% dari anjuran dapat meningkatkan produksi TBS sebesar 36% dan tidak berpengaruh buruk terhadap lingkungan di sekitarnya.

Berdasarkan karakteristiknya, maka LCPKS mempunyai potensi yang besar sebagai salah satu pilihan sumber pupuk organik untuk pengembangan tanaman pangan, khususnya kedelai. Tanaman kedelai umumnya diusahakan pada tanah mineral masam seperti Ultisol dengan tingkat kesuburan yang rendah yang mempunyai reaksi tanah yang masam (pH 4.5-5.5), kandungan unsur hara N, P, K, Ca, dan Mg yang rendah, serta kandungan Al yang tinggi yang memfiksasi P sehingga menjadi tidak tersedia bagi tanaman (Subardja *et al.*, 2001). Umumnya, perbaikan sifat kimia tanah Ultisol dilakukan dengan pemberian pupuk kandang, kapur dan pupuk kimia seperti urea, SP-36 dan KCl.

Penggunaan pupuk organik untuk produksi tanaman dapat memberikan manfaat untuk jangka panjang. Hal ini disebabkan karena unsur-unsur hara dalam pupuk organik dilepaskan secara perlahan-lahan dan tersimpan di dalam tanah dalam waktu lama sehingga memberikan pengaruh residu (Makinde dan Ayoola, 2008). Penelitian Yassen *et al.* (2010) menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik dapat meningkatkan hasil dan kandungan N, P, dan K tanaman gandum pada dua musim tanam. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh aplikasi LCPKS dan pemanfaatan residunya untuk peningkatan hasil tanaman kedelai dan perbaikan sifat kimia tanah mineral masam (Ultisol).

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada tanah Ultisol di Desa Brasau, Kabupaten Tanjung Jabung Barat pada bulan Maret sampai bulan November 2009. Bahan-bahan yang digunakan adalah LCPKS dari PT. Agro Mitra Madani, benih kedelai varietas Anjasmoro, inokulan *Rhizobium*, urea, SP-36 KCl, pupuk kandang ayam, dan kapur dolomit.

Percobaan dilakukan dengan dua kali penanaman dengan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dan 4 ulangan. Perlakuan pada penanaman pertama dan kedua disajikan pada Tabel 1.

Petak percobaan berukuran 4 m x 4 m dengan jarak tanam 20 cm x 40 cm. Aplikasi LCPKS dilakukan dengan menyebarkannya di permukaan tanah yang telah dibuat guludan dan parit-parit kecil sebagai jarak baris tanaman dan diinkubasikan selama dua minggu. Setiap lubang tanam ditanami 2 biji kedelai dan pada umur dua minggu dilakukan penjarangan dengan meninggalkan satu tanaman.

Setelah panen percobaan pertama, petak percobaan dibersihkan dan tanah diolah kembali. Penanaman kedua merupakan pemanfaatan residu dari LCPKS yang diberikan pada penanaman pertama, sedangkan aplikasi LCPKS diberikan setengah dari dosis pada penanaman pertama (Tabel 1).

Analisis tanah sebelum penelitian terdiri dari tekstur, pH (H₂O, 1:2), N-total (Kjeldahl), C-organik (Walkley dan Black), P total (HCl 25%), P-tersedia (Bray 1), Na, K, Ca, Mg (ekstraksi NH₄OAc 1 N pH 7), Al dapat ditukar (dd) (KCl 1 M) dan kapasitas tukar kation (KTK) (ekstraksi NH₄OAc 1 N pH 7). Analisis tanah berikutnya dilakukan setelah panen tanaman pertama dan tanaman kedua dengan parameter pH (H₂O), N-total, C-organik, P total, P-tersedia, K-dd, Al-dd dan KTK. Parameter tanaman terdiri dari bobot kering biji dan kandungan N, P dan K tanaman (pengabuan basah) fase vegetatif. Analisis tanah dan tanaman dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jambi, sedangkan analisa LCPKS dilakukan di Laboratorium Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah (Bapedalda) Jambi. Data tanah dan tanaman dianalisis secara statistik dengan menggunakan

Tabel 1. Perlakuan pada penanaman pertama dan kedua

Penanaman pertama	Penanaman kedua
Kontrol tanpa LCPKS tetapi menambahkan 50 kg urea ha ⁻¹ , 150 kg SP-36 ha ⁻¹ , 100 kg KCl ha ⁻¹ , 5 ton pupuk kandang ayam ha ⁻¹ dan 2 ton dolomit ha ⁻¹ (E0)	Residu kontrol + aplikasi 50 kg urea ha ⁻¹ , 150 kg SP-36 ha ⁻¹ , 100 kg KCl ha ⁻¹ (E0)
Aplikasi LCPKS	Residu LCPKS + aplikasi LCPKS
50,000 L ha ⁻¹ (E1)	Residu 50,000 L ha ⁻¹ + aplikasi 25,000 L ha ⁻¹ (E1)
100,000 L ha ⁻¹ (E2)	Residu 100,000 L ha ⁻¹ + aplikasi 50,000 L ha ⁻¹ (E2)
150,000 L ha ⁻¹ (E3)	Residu 150,000 L ha ⁻¹ + aplikasi 75,000 L ha ⁻¹ (E3)
50,000 L ha ⁻¹ + 150 kg SP-36 ha ⁻¹ (E4)	Residu 50,000 L ha ⁻¹ + 150 kg SP-36 ha ⁻¹ + aplikasi 25,000 L ha ⁻¹ (E4)
100,000 L ha ⁻¹ + 150 kg SP-36 ha ⁻¹ (E5)	Residu 100,000 L ha ⁻¹ + 150 kg SP-36 ha ⁻¹ + aplikasi 50,000 L ha ⁻¹ (E5)
150,000 L ha ⁻¹ + 150 kg SP-36 ha ⁻¹ (E6)	Residu 150,000 L ha ⁻¹ + 150 kg SP-36 ha ⁻¹ + aplikasi 75,000 L ha ⁻¹ (E6)

sidik ragam pada $\alpha = 5\%$ dan uji jarak berganda Duncan pada $\alpha = 5\%$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanah Lokasi Penelitian

Hasil analisis tanah Ultisol sebelum penelitian menunjukkan bahwa tekstur tanah adalah lempung liat berpasir, reaksi tanah (pH) masam dan kandungan C-organik dan N-total sangat rendah, P total, P-tersedia, K-dd, KTK serta kejenuhan basa (KB) tergolong rendah, sedangkan kejenuhan Al tinggi (Tabel 2). Ultisol tergolong tanah mineral masam yang berasal dari bahan induk yang bersifat masam dan secara alami mempunyai pH dan kandungan kation-kation basa (Ca, K, Mg dan Na) yang rendah sebagai akibat proses pencucian (Samac dan Tesfaye, 2003). Kandungan unsur-unsur hara yang rendah pada tanah Ultisol merupakan faktor pembatas untuk pertumbuhan tanaman (Wijewardena, 2001). Selain itu kandungan Al yang tinggi menyebabkan tanaman mengalami keracunan Al sehingga pertumbuhan akar dan proses penyerapan unsur-unsur hara menjadi terhambat (Baligar dan Fageria, 2005).

Karakteristik Limbah Cair

Limbah cair yang diaplikasikan mempunyai *biological oxygen demand* (BOD) 4,000 mg L⁻¹, pH 7.6, total padatan tersuspensi (TSS) 4,120 mg L⁻¹ dan unsur-unsur hara N, P dan K dalam jumlah yang signifikan yaitu 934 mg L⁻¹, 260 mg L⁻¹ dan 266 mg L⁻¹ (Tabel 3). Sebaliknya kandungan logam-logam berat seperti Pb (< 0.005 mg L⁻¹), Cd (< 0.02 mg L⁻¹), Zn (1.61 mg L⁻¹) dan Cu (2.63 mg L⁻¹) relatif rendah dan tidak melebihi baku mutu pupuk organik cair yang

ditetapkan dalam Peraturan Menteri Pertanian Nomor 28/Permentan/SR.130/5/2009 Tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenah Tanah (Departemen Pertanian, 2009). Hal ini disebabkan karena proses pengolahan TBS menjadi minyak sawit mentah (CPO) hanya dilakukan secara fisik dan tidak menggunakan bahan kimia (Yacob *et al.*, 2005). Limbah cair tersebut berasal dari air yang digunakan dalam proses sterilisasi (perebusan) TBS, klarifikasi (pemurnian) CPO dan operasi *hydrocyclone* (pemisahan kernel dan cangkang) (Phalakornkule *et al.*, 2010).

Kandungan N, P, dan K tanaman serta Bobot Kering Biji Kedelai

Aplikasi LCPKS pada pertanaman pertama dengan dosis 150,000 L ha⁻¹ + P menghasilkan kandungan N dan P tanaman yang berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol, tetapi tidak berbeda nyata dalam kandungan K dan bobot kering biji kedelai (Tabel 4). Pertanaman ke dua menunjukkan residu 150,000 L ha⁻¹ + P dan aplikasi 75,000 L LCPKS ha⁻¹ mempunyai peningkatan kandungan P, K dan bobot kering biji yang nyata dibanding dengan kontrol, tetapi tidak berbeda nyata dalam kandungan N tanaman (Tabel 5). Peningkatan dosis aplikasi LCPKS dan residunya hingga 100,000 L ha⁻¹ dan 150,000 L ha⁻¹ menunjukkan peningkatan kandungan N, P, dan K tanaman serta bobot kering biji kedelai dibanding dosis 50,000 L ha⁻¹. Adanya pemberian kapur pada kontrol menyebabkan peningkatan pH dan penurunan Al-dd tanah sehingga pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai menjadi baik. Kation Al dalam larutan tanah berubah menjadi bentuk yang tidak beracun bagi tanaman dengan pengapuran (Samac dan Tesfaye, 2003). Sumber unsur hara pada kontrol berasal dari pupuk urea, SP-36, KCl dan pupuk kandang. Perlakuan aplikasi

Tabel 2. Hasil analisis tanah sebelum penelitian

Parameter	Satuan	Hasil uji	Kriteria (PPT, 1983)
Pasir	%	53.27	Lempung liat berpasir
Debu	%	15.32	
Liat	%	31.41	
pH		4.73	Masam
C-organik	%	0.29	Sangat rendah
N-total	%	0.085	Sangat rendah
P-total	mg 100 g ⁻¹	19.21	Rendah
P-Bray 1	ppm	11.67	Rendah
Na-dd	cmol kg ⁻¹	0.19	Rendah
K-dd	cmol kg ⁻¹	0.16	Rendah
Ca-dd	cmol kg ⁻¹	1.25	Sangat rendah
Mg-dd	cmol kg ⁻¹	1.18	Sedang
Kapasitas tukar kation (KTK)	cmol kg ⁻¹	9.14	Rendah
Al-dd	cmol kg ⁻¹	1.51	
Kejenuhan Al	%	33.71	Tinggi
Kejenuhan Basa (KB)	%	30.42	Rendah

Tabel 3. Hasil analisis LCPKS

Parameter	Satuan	Hasil analisis
pH	-	7.6
BOD5	mg L ⁻¹	4,000
COD	mg L ⁻¹	8,037
TSS	mg L ⁻¹	4,120
N-Total	mg L ⁻¹	934
Minyak dan lemak	mg L ⁻¹	264
P	mg L ⁻¹	260
K	mg L ⁻¹	266
Ca	mg L ⁻¹	59
Mg	mg L ⁻¹	36
Cd	mg L ⁻¹	< 0.005
Cu	mg L ⁻¹	2.63
Pb	mg L ⁻¹	< 0.02
Zn	mg L ⁻¹	1.61

LCPKS menunjukkan bahwa meningkatnya kandungan N, P dan K tanaman disebabkan adanya peningkatan suplai N, P dan K yang berasal dari LCPKS dan pupuk P. Limbah cair yang diaplikasikan mengandung N, P dan K dalam jumlah yang signifikan (Tabel 3). Residu dan penambahan setengah dosis masih dapat menyediakan unsur hara bagi tanaman kedelai. Ketersediaan hara N, P dan K berasal dari proses dekomposisi dari residu dan aplikasi LCPKS yang diberikan pada pertanaman kedua. Peningkatan hasil kedelai akibat pemberian pupuk organik disebabkan karena peran pupuk organik yang tidak hanya memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah tetapi juga sifat kimia tanah. Jumlah unsur-unsur hara yang tersedia bagi tanaman meningkat akibat adanya proses dekomposisi (Mekki dan Ahmed, 2005). Selain dapat memperbaiki kekurangan unsur-unsur hara, pupuk organik juga berperan dalam mengatasi keracunan Al pada tanah dengan kandungan Al yang tinggi (Becker *et al.*, 2008). Proses dekomposisi dan pelepasan unsur hara

dari pupuk organik terjadi secara perlahan di dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan untuk tanaman berikutnya (Makinde dan Ayoola, 2008).

Reaksi (pH), Al-dd, C-organik dan KTK tanah

Aplikasi LCPKS pada pertanaman pertama menunjukkan bahwa nilai pH, Al-dd, C-organik dan KTK berbeda nyata dengan meningkatnya dosis aplikasi (Tabel 6). Peningkatan dosis aplikasi LCPKS umumnya menunjukkan perbedaan yang nyata dalam peningkatan pH tanah dan penurunan Al-dd. Namun demikian, nilai pH tanah dengan aplikasi LCPKS lebih rendah dibandingkan dengan kontrol, meskipun nilai pH tanah akibat aplikasi LCPKS lebih tinggi dari pH tanah sebelum percobaan (pH 4.73). Aplikasi 100,000 L ha⁻¹ dan 150,000 L ha⁻¹ LCPKS dengan dan tanpa P tidak berbeda nyata dalam nilai Al-dd dibandingkan dengan kontrol. Nilai pH tanah yang lebih tinggi dan Al-dd yang lebih rendah pada kontrol disebabkan karena adanya pengaruh dari kapur dolomit dan pupuk kandang. Residu dan aplikasi LCPKS pada pertanaman kedua menunjukkan nilai pH yang lebih rendah dibanding kontrol, tetapi kandungan Al-dd pada perlakuan residu 150,000 L ha⁻¹ dengan P dan tanpa P + aplikasi 75,000 L ha⁻¹ tidak berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol (Tabel 7). Peningkatan residu LCPKS dan dosis aplikasi tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dalam nilai pH tanah, tetapi berbeda nyata dalam kandungan Al-dd. Residu kapur dan pupuk kandang (kontrol) masih dapat meningkatkan pH tanah. Peningkatan pH dan penurunan Al-dd terjadi karena pengapuran meningkatkan retensi kation-kation basa dengan meningkatnya muatan negatif pada permukaan koloid melalui disosiasi H⁺ dari gugus hidroksil (OH⁻) (Eduardo *et al.*, 2005). Aluminium dapat dipertukarkan (Al-dd) mengalami perubahan menjadi senyawa yang berbentuk padat (Al(OH)₃) dan sukar larut akibat pemberian kapur (Vizcayno *et al.*, 2001), sedangkan pupuk organik, selama proses dekomposisi selain menghasilkan unsur-unsur hara yang tersedia bagi tanaman juga menghasilkan asam-asam organik (Yassen *et al.*, 2010). Asam-asam

Tabel 4. Kandungan N, P, dan K jaringan tanaman serta bobot kering biji kedelai akibat aplikasi LCPKS

Perlakuan	N (%)	P (%)	K (%)	Bobot kering biji (ton ha ⁻¹)
Kontrol	4.01c	0.25bcd	1.75ab	1.94ab
50,000	2.70d	0.20e	1.35c	1.07c
100,000	4.05bc	0.24cde	1.80a	1.68b
150,000	4.47ab	0.29ab	1.86a	1.85ab
50,000 + P	2.62d	0.21de	1.38bc	0.95c
100,000 + P	4.12bc	0.27abc	1.82a	1.63b
150,000 + P	4.58a	0.31a	1.94a	2.15a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$

organik membentuk senyawa kompleks dengan Al dalam larutan tanah sehingga mengurangi kelarutan dan toksisitas Al terhadap tanaman (Haynes dan Mokolobate, 2001).

Aplikasi LCPKS pada pertanaman pertama menunjukkan perbedaan yang nyata dalam nilai C-organik dan KTK tanah dengan meningkatnya dosis aplikasi (Tabel 6). Aplikasi 150,000 L LCPKS ha⁻¹ dengan dan tanpa P tidak berbeda nyata dengan kontrol dalam nilai C organik tetapi berbeda nyata dalam nilai KTK. Residu LCPKS (R) dan aplikasi setengah dosis LCPKS menunjukkan perbedaan

yang nyata dalam nilai C-organik dan KTK tanah dengan meningkatnya dosis (Tabel 7). Residu 150,000 L ha⁻¹ dengan dan tanpa P + aplikasi 75,000 L ha⁻¹ LCPKS mempunyai C-organik dan KTK yang relatif lebih tinggi dibandingkan kontrol. Kandungan C-organik tanah pada kontrol berasal dari pemberian 5 ton pupuk kandang ha⁻¹, sedangkan peningkatan C-organik tanah akibat aplikasi LCPKS disebabkan adanya kandungan bahan organik terlarut dan padat yang berasal dari LCPKS (Agustin *et al.*, 2008). Peningkatan KTK tanah berkaitan erat dengan adanya

Tabel 5. Kandungan N, P dan K tanaman serta bobot kering biji kedelai akibat residu (R) dan aplikasi LCPKS

Perlakuan	N (%)	P (%)	K (%)	Bobot kering biji (ton ha ⁻¹)
Kontrol	3.206bcd	0.225b	1.61c	1.60bc
50,000 (R) + 25,000	2.706e	0.214b	1.60c	0.50d
100,000 (R) + 50,000	3.185cd	0.234b	2.20b	1.28c
150,000 (R) + 75,000	3.549abc	0.253ab	2.42ab	1.78ab
50,000 + P (R) + 25,000	2.790de	0.218b	1.57c	0.64d
100,000 + P (R) + 50,000	3.622ab	0.279a	2.43a	1.55bc
150,000 + P (R) + 75,000	3.601ab	0.287a	2.42ab	2.01a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$

Tabel 6. Reaksi tanah (pH), Al-dd, C-organik dan KTK akibat aplikasi LCPKS

Perlakuan	pH	Al-dd (cmol kg ⁻¹)	C-organik (%)	KTK (cmol kg ⁻¹)
Kontrol	5.82a	0.16c	1.70a	13.81bc
50,000	4.91d	0.58a	0.71b	11.40c
100,000	5.22cd	0.21c	1.89a	16.96ab
150,000	5.41bc	0.18c	1.99a	17.04a
50,000 + P	4.95d	0.50ab	0.68b	12.80c
100,000 + P	5.09cd	0.31bc	1.87a	17.33a
150,000 + P	5.43b	0.21c	2.07a	17.79a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$

Tabel 7. Reaksi tanah (pH), Al-dd, C-organik dan KTK akibat residu (R) dan aplikasi LCPKS

Perlakuan	pH	Al-dd (cmol kg ⁻¹)	C-organik (%)	KTK (cmol kg ⁻¹)
Kontrol	6.08a	0.08c	1.27b	10.59bc
50,000 (R) + 25,000	5.11b	0.45a	0.41c	9.30c
100,000 (R) + 50,000	5.39b	0.19bc	1.27b	12.86abc
150,000 (R) + 75,000	5.35b	0.15bc	1.96a	14.45ab
50,000 + P (R) + 25,000	5.10b	0.42a	0.52c	9.42bc
100,000 + P (R) + 50,000	5.36b	0.20b	1.18b	12.53abc
150,000 + P (R) + 75,000	5.38b	0.14bc	2.04a	15.12a

peningkatan kandungan C-organik tanah akibat aplikasi LCPKS. Dekomposisi bahan organik menghasilkan humus tanah yang berupa fraksi-fraksi humat (Qualls *et al.*, 2003). Bahan humus tersebut merupakan koloid organik tanah yang mempunyai KTK yang relatif tinggi (Tan, 1994).

N-total, P-total, P-tersedia dan K-dd

Peningkatan dosis aplikasi LCPKS hingga 100,000 L ha⁻¹ dan 150,000 L ha⁻¹ pada pertanaman pertama dapat meningkatkan kandungan unsur-unsur hara seperti N total, P-total, P-tersedia dan K-dd tanah dibandingkan dengan dosis 50,000 L ha⁻¹ (Tabel 8). Aplikasi 150,000 L ha⁻¹ LCPKS + P mempunyai N total, P-total, P-tersedia dan K-dd lebih tinggi dibandingkan kontrol, sedangkan aplikasi 100,000 L ha⁻¹ LCPKS + P hanya meningkatkan P-total dan P-tersedia. Pada pertanaman kedua, kandungan N total

meningkat dengan residu 100,000 L ha⁻¹ + aplikasi 50,000 L ha⁻¹ LCPKS dan residu 150,000 L ha⁻¹ + aplikasi 75,000 L ha⁻¹ LCPKS dibandingkan kontrol, sedangkan P-total, P-tersedia dan K-dd meningkat dengan residu 150,000 L ha⁻¹ + P + aplikasi 75,000 L ha⁻¹ LCPKS (Tabel 9). Peningkatan ini terjadi karena adanya kandungan N, P dan K dalam LCPKS. Peningkatan P tersedia juga dapat terjadi karena adanya asam-asam organik dari hasil dekomposisi bahan-bahan organik dalam LCPKS. Asam organik dapat membentuk kompleks dengan kation Al dalam larutan tanah dan juga terjerap pada permukaan oksida Al dan Fe sehingga mencegah terjadinya proses fiksasi P (Haynes dan Mokolobate, 2001). Sedangkan peningkatan K dapat juga terjadi karena dekomposisi bahan organik dapat meningkatkan mobilisasi dan pelepasan kation K dari mineral yang mengandung K ke larutan tanah sehingga meningkatkan penyerapan oleh tanaman (Khademi dan Naderizadeh, 2010).

Tabel 8. Kandungan N-total, P-total, P-tersedia dan K-dd akibat aplikasi LCPKS

Perlakuan	N-total (%)	P-total (mg 100 g ⁻¹)	P-tersedia (ppm)	K-dd (cmol kg ⁻¹)
Kontrol	0.092bc	53.82bc	9.27b	0.11de
50,000	0.050d	30.38d	4.81c	0.07f
100,000	0.097bc	57.77b	9.49b	0.16bc
150,000	0.127ab	56.98b	9.67b	0.19ab
50,000 + P	0.076cd	45.20c	6.57c	0.08ef
100,000 + P	0.112b	73.98a	15.48a	0.14cd
150,000 + P	0.154a	79.37a	15.26a	0.21a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$

Tabel 9. Kandungan N-total, P-total, P-tersedia dan K-dd akibat residu (R) dan aplikasi LCPKS

Perlakuan	N-total (%)	P-total (mg 100 g ⁻¹)	P-tersedia (ppm)	K-dd (cmol kg ⁻¹)
Kontrol	0.088bc	36.60b	2.04b	0.061bc
50,000 (R) + 25,000	0.074c	20.60c	0.74c	0.041c
100,000 (R) + 50,000	0.112a	36.24b	2.17ab	0.087ab
150,000 (R) + 75,000	0.111a	45.33ab	2.83ab	0.100ab
50,000 + P (R) + 25,000	0.074c	22.59c	0.79c	0.035c
100,000 + P (R) + 50,000	0.097ab	35.61b	2.07b	0.106a
150,000 + P (R) + 75,000	0.108ab	54.29a	3.07a	0.119a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$

KESIMPULAN

Pertanaman pertama menunjukkan kandungan N, P dan K tanaman serta bobot kering biji kedelai meningkat dengan meningkatnya dosis LCPKS yang diaplikasikan dan produksi tertinggi diperoleh dengan aplikasi 150,000 L ha⁻¹

LCPKS + 150 kg SP-36 ha⁻¹. Pertanaman kedua menunjukkan residu LCPKS dan penambahan setengah dosis masih dapat meningkatkan kandungan P dan K tanaman serta bobot kering biji kedelai, dimana residu 150,000 L ha⁻¹ LCPKS + 150 kg ha⁻¹ SP-36 dan aplikasi 75,000 L ha⁻¹ LCPKS dapat meningkatkan hasil kedelai.

Aplikasi 150,000 L ha⁻¹ LCPKS + 150 kg SP-36 ha⁻¹ pada pertanaman pertama dan residu 150,000 L ha⁻¹ LCPKS dan 150 kg ha⁻¹ SP-36 + aplikasi 75,000 L ha⁻¹ LCPKS pada pertanaman kedua dapat memperbaiki sifat kimia tanah Ultisol dengan meningkatkan C-organik, KTK, N-total, P-total, P-tersedia dan Kdd serta menurunkan Al-dd. Aplikasi 150,000 L ha⁻¹ LCPKS pada pertanaman pertama dan residu 150,000 L ha⁻¹ + aplikasi 75,000 L ha⁻¹ pada pertanaman kedua dapat menggantikan kapur dolomit, pupuk kandang, pupuk urea dan KCl dalam perbaikan sifat kimia tanah Ultisol untuk produksi kedelai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilaksanakan dengan Dana Penelitian Hibah Bersaing DIPADP2M Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan Nasional yang disalurkan ke DIPA Universitas Jambi Tahun Anggaran 2009.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, M.B., W.P. Sengpracha, W. Phutdhawong. 2008. Electrocoagulation of palm oil mill effluent. Int. J. Environ. Res. Public Health 5:177-180.
- Baligar, V.C., N.K. Fageria. 2005. Soil aluminum effects on growth and nutrition of Cacao. Soil Sci. Plant Nutr. 51:709-713.
- Becker, M., F. Asch, N.H. Chiem, D.V. Ni, E. Saleh, K.V. Tanh, T.K. Tinh. 2008. Decomposition of organic substrates and their effect on mungbean growth in two soils of the Mekong Delta. J. Agr. Rural Dev. Trop. 109:95-108.
- Departemen Pertanian. 2009. Peraturan Menteri Pertanian Nomor 28/Permentan/SR.130/5/2009, tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenah Tanah. Berita Negara Republik Indonesia.
- Eduardo, F., C. Lui's, R.F. Alleoni, M.A. Cambri, G. Barth. 2005. Surface application of lime for crop grain production under a no-till system. Agron. J. 97:791-798.
- Ideriah, T.J.K., P.U. Adiukwu, H.O. Stainley, A.O. Briggs. 2007. Impact of palm oil (*Elaeis guineensis* Jacq; Baga) mill effluent on water quality of receiving Oloya Lake in Niger Delta, Nigeria. Res. J. Appl. Sci. 2:842-845.
- Haynes, R.J., M.S. Mokolobate. 2001. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. Nutr. Cycl. Agroecosys. 59:47-63.
- Khademi, H., Z. Naderizadeh. 2010. Mineralogical changes of clay sized phlogopite and muscovite as affected by organic matter amendment in rhizosphere. Anadolu J. Agric. Sci. 25:74-79.
- Manik, K.E.S. 2000. Pemanfaatan limbah cair pengolahan minyak sawit pada areal tanaman kelapa sawit. J. Tanah Trop. 10:147-152.
- Mekki, B.B., A. G. Ahmed. 2005. Growth, yield and seed quality of soybean (*Glycine max* L.) as affected by organic, biofertilizer and yeast application. Res. J. Agr. Biol. Sci. 1:320-324.
- Makinde, E.A., O.T. Ayoola. 2008. Residual influence of early season crop fertilization and cropping system on growth and yield of cassava. Am. J. Agric. Biol. Sci. 3:712-715.
- Phalakornkule, C., J. Mangmeemakb, K. Intrachodb, B. Nuntakumjorn. 2010. Pretreatment of palm oil mill effluent by electrocoagulation and coagulation. ScienceAsia 36:142-149.
- Pusat Penelitian Tanah (PPT). 1983. Survei Kapabilitas Tanah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. Bogor.
- Qualls, R.G., A. Takiyama, R.L. Wershaw. 2003. Formation and loss of humic substances during decomposition in a pine forest floor. Soil Sci. Soc. Am. J. 67:899-909.
- Samac D.A., M. Tesfaye. 2003. Plant improvement for tolerance to aluminum in acid soils – a review. Plant Cell Tiss. Organ Cult. 75:189-207.
- Subardja, D. Widagdo, A. Priyono. 2001. Karakteristik dan potensi sumberdaya lahan Provinsi Jambi untuk mendukung pertanian berkelanjutan. hal. 59-74. Dalam Suwanto, S.E. Aprillani, A. Saleh (Eds.) Prosiding Seminar Pengelolaan Lahan Kering Berlereng dan Terdegradasi. Bogor, 9-10 Agustus 2001.
- Sutarta, E.S. Winarna, P.L. Tobing, Sufianto. 2003. Aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit pada perkebunan kelapa sawit hal. 201-217. Dalam Darmosarkoro, E.S. Sutarta, Winarna (Eds.) Lahan dan Pemupukan Kelapa Sawit. Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan.
- Tan, K.H. 1994. Environmental Soil Science. Marcel Dekker, Inc. New York.

- Vizcayno, C., M.T.G. Gonzalez, Y.F. Marcote, J. Santano. 2001. Extractable forms of aluminum as affected by gypsum and lime amendments to an acid soil. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 32:2279-2292.
- Wijewardena, J.D.H. 2001. Effects of sources and levels of liming materials in soil acidity in Ultisols of the Upcountry. *Ann. Sri Lanka Dep. Agric.* 3:365-372.
- Yassen, A.A., S.M. Khaled, Sahar, M. Zaghloul. 2010. Response of wheat to different rates and ratios of organic residues on yield and chemical composition under two types of soil. *J. Am. Sci.* 6:858-864.
- Yacob, S., M.A. Hassan, Y. Shirai, M. Wakisaka, S. Subash. 2005. Baseline study of methane emission from open digesting tanks of palm oil mill effluent treatment. *Chemosphere* 59:1575-1581.